

**STUDI SIFAT FISIS DAN MEKANIS BAJA KARBONASI PADAT  
DENGAN ARANG KAYU SONOKELING BERUKURAN  
200 MESH DAN HASIL *SHAKER MILL***



**Disusun sebagai salah syarat menyelesaikan Program Studi Strata I  
pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik**

**Oleh :**

**BUDI DWI SURYANTO**  
**D200140085**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2019**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**STUDI SIFAT FISIS DAN MEKANIS BAJA KARBONASI PADAT  
DENGAN ARANG KAYU SONOKELING BERUKURAN  
200 MESH DAN HASIL *SHAKER MILL***

**PUBLIKASI ILMIAH**

Oleh:

**BUDI DWI SURYANTO**

**D 200 140 085**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen

Pembimbing

A handwritten signature in black ink, consisting of a large loop followed by a series of connected strokes, ending with a horizontal line.

**Ir. H. Supriyono, M.T., Ph.D**

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**STUDI SIFAT FISIS DAN MEKANIS BAJA KARBONASI PADAT**  
**DENGAN ARANG KAYU SONOKELING BERUKURAN**  
**200 MESH DAN HASIL *SHAKER MILL***

**OLEH:**

**BUDI DWI SURYANTO**

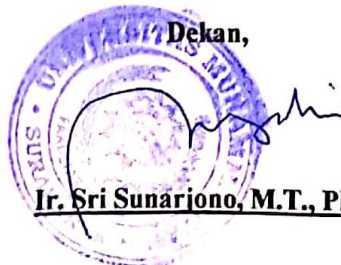
**D 200 140 085**

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Pada hari senin, 26 Juli 2019  
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji :

1. Ir. H. Supriyono, M.T., Ph.D  
(Ketua Dewan Penguji)
2. Ir. Bibit Sugito, M.T  
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Ir. Agus Hariyanto, M.T  
(Anggota II Dewan Penguji)



Dekan,  
  
Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya. .

Surakarta, 28 September 2019

Penulis



**BUDI DWI SURYANTO**

**D200140085**

**STUDI SIFAT FISIS DAN MEKANIS BAJA KARBONASI PADAT DENGAN  
ARANG KAYU SONOKELING BERUKURAN  
200 MESH DAN HASIL *SHAKER MILL***

**Abstrak**

Carburizing merupakan proses penambahan kandungan karbon pada permukaan baja untuk mendapatkan sifat baja yang lebih keras pada permukaannya dengan memanaskan logam pada lingkungan yang banyak mengandung karbon aktif. Karbon akan berdifusi ke dalam logam dengan temperatur austenisasi yaitu berkisar antara 760°C - 1300°C. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui perubahan sifat-sifat dari baja baik sifat fisis maupun mekanis. Material yang digunakan yaitu baja karbon rendah dengan kandungan karbon 0,3%. Proses karbonasi diawali dengan pencampuran arang kayu sonokeling 7 gram dan BaCO<sub>3</sub> 1 gram, kemudian dimasukkan ke dalam gerabah dengan posisi baja ditengah. Dilanjutkan dengan pemanasan dalam oven pada temperatur 900°C dengan waktu penahanan 2 jam kemudian dikeluarkan dan didiamkan di udara terbuka selama ± 1 hari, kemudian diuji kekerasan dengan metode mikro vikers menggunakan alat Micro Hardness Tester dan pengamatan struktur mikro dengan alat Inverted Metallurgical Microscope. Dari hasil proses pengujian awal pada raw material termasuk golongan baja rendah dengan unsur Karbon (C) 0,162%. Hasil struktur mikro pada raw material lebih dominan kristal ferrit, pada hasil karbonasi dengan arang berukuran 200 mesh terdapat perlit halus dibagian tepi sedangkan hasil karbonasi dengan arang hasil sheker mill terdapat kristal perlit yang lebih dominan. Hasil nilai kekerasan pada raw material sebesar 168 VHN pada karbonasi dengan arang berukuran 200 mesh sebesar 192 VHN dan pada karbonasi dengan arang hasil sheker mill sebesar 210 VHN.

**Kata kunci :** Baja karbon rendah, Caburizing, Arang kayu sonokeling

**Abstract**

Carburizing is the process of adding carbon content to the steel surface to get a harder steel properties on its surface by heating metals in environments that contain a lot of activated carbon. Carbon will diffuse into the metal with austenizing temperature which is around 760°C-1300°C. The purpose of this study was to determine changes in the properties of steel both physical and mechanical properties. The material used is low carbon steel with a carbon content of 0.3%. The carbonation process begins with mixing 7 grams of sonokeling wood and 1 gram of BaCO<sub>3</sub>, then put it into the pottery with the steel position in the middle. Followed by heating in the oven at 900°C with a holding time of 2 hours then released and left in the open air for ± 1 day, then tested the hardness with micro vikers method using a Micro Hardness Tester tool and microstructure observation with an Inverted Metallurgical Microscope. From the results of the initial testing process on raw materials including the low steel group with

the element Carbon (C) 0.162%. The results of microstructure in raw material are predominantly ferrite crystals, in carbonation results with charcoal measuring 200 mesh there is fine pearlite at the edges while carbonation with charcoal from the sheker mill results in a more dominant pearlite crystal. The results of the raw material hardness value of 168 VHN on carbonation with charcoal measuring 200 mesh by 192 VHN and on carbonation with charcoal the sheker mill yield was 210 VHN.

**Keywords:** Low carbon steel, Carburizing, Sonokeling wood charcoal

## **1. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Logam mempunyai peranan penting dalam kehidupan manusia, hampir semua kebutuhan manusia tidak lepas dari unsur logam. Karena alat-alat yang digunakan manusia terbuat dari unsur logam, misalnya baja. Baja merupakan salah satu logam yang banyak digunakan dalam dunia teknik, selain itu baja dengan unsur utama Fe dan C biasa dipadukan dengan unsur lain seperti Cr, Ni, Ti dan sebagainya, untuk mendapat sifat mekanik seperti yang digunakan.

Karbon merupakan salah satu unsur terpenting karena dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan baja. Kandungan karbon didalam struktur baja akan berpengaruh terhadap sifat mampu keras. Sifat ini yang dibutuhkan untuk komponen mesin yang saling bergesekan atau karena fungsinya harus mempunyai kekerasan tertentu.

Berdasarkan kandungan karbon, baja dibagi menjadi tiga macam, yaitu:

#### **1) Baja karbon rendah**

Baja karbon rendah (*low carbon steel*) mengandung karbon dalam campuran baja kurang dari 0,3%C. Baja ini tidak dapat dikeraskan karena kandungan karbonnya tidak cukup untuk membentuk struktur martensit.

#### **2) Baja karbon sedang**

Baja karbon sedang (*medium carbon steel*) mengandung karbon 0,3%C - 0,6%C. Dengan kandungan karbonnya memungkinkan baja untuk dikeraskan melalui proses perlakuan panas yang sesuai. Baja ini lebih keras serta lebih kuat dibandingkan dengan baja karbon rendah.

### 3) Baja karbon tinggi

Baja karbon tinggi memiliki kandungan karbon 0,6% C - 1,5% C dan memiliki kekerasan yang lebih tinggi, namun keuletannya lebih rendah. Berkebalikan dengan baja karbon rendah, pengerasan dengan perlakuan panas pada baja karbon tinggi tidak memberikan hasil yang optimal karena terlalu banyaknya martensit, sehingga membuat baja menjadi getas.

Penelitian ini menggunakan baja dengan kandungan karbon dibawah 0,3%. Arang kayu sonokeling sebagai sumber karbon padat, dirubah terlebih dahulu menjadi serbuk dengan ukuran 200 mesh dan hasil *shaker mill*. Bentuk serbuk akan membantu proses perubahan karbon padat menjadi gas melalui pemanasan. Gas karbon yang dihasilkan akan berdifusi kedalam struktur baja sehingga kadar karbon meningkat. Pemanasan dilakukan pada temperature 900°C dengan waktu penahanan 2 jam dan didinginkan pada udara lingkungan.

## 1.2 Tujuan Penelitian

- 1) Mengetahui sifat fisis dan mekanis baja karbon rendah sebelum dan sesudah mengalami proses *carburizing* dengan arang kayu sonokeling berukuran 200 mesh dan hasil *shaker mill* dengan waktu penahanan 2 jam.
- 2) Mengetahui pengaruh ukuran arang terhadap hasil proses *carburizing* baja karbon rendah dengan arang kayu sonokeling.

## 1.3 Batasan Masalah

- 1) Material yang digunakan adalah baja karbon rendah  $< 0.3\% \text{ C}$ .
- 2) Proses penambahan karbon menggunakan metode *pack carburizing* dari arang kayu sonokeling dengan waktu 2 jam dan 900°C.
- 3) Ukuran baja karbon rendah untuk *carburizing* yaitu 3 cm x 1 cm x 1 cm.
- 4) Ukuran partikel arang kayu sonokeling yaitu 200 mesh dan hasil *shaker mill*.

## 2. METODE

### 2.1 Bahan Pengujian

- 1) Arang kayu sonokeling

- 2) Autosol
- 3) Baja karbon rendah
- 4) Barium karbonat ( $\text{BaCO}_3$ )
- 5) Semen tahan panas
- 6) Resin

## 2.2 Alat Pengujian

- 1) Gergaji mesin
- 2) Gerinda
- 3) Ayakan 200 mesh
- 4) *Shaker mill*
- 5) Kaca arloji
- 6) Timbangan digital
- 7) Gerabah
- 8) Penjepit
- 9) Dapur pemanas( *furnace*)

## 2.3 Instalasi Alat

### 2.3.1 Uji Komposisi Kimia

Bertujuan untuk mengetahui kadar karbon kimia yang ada pada material.



Gambar 1. *Optical emission spectrometer*

### 2.3.2 Uji Struktur Mikro

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruhnya terhadap perubahan struktur material setelah melalui proses *heat treatment*.





Gambar 2. *Inverted metallurgical microscope*

### 2.3.3 Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan bertujuan untuk mengetahui harga kekerasan material setelah melewati proses *heat treatment* sehingga didapatkan seberapa besar harga kekuatan yang dimiliki material apabila diberi beban.



Gambar 3. *Micro hardness tester*

## 2.4 Tahapan Pengujian

- 1) Mencampurkan arang kayu sonokeling dengan komposisi 7 gram dengan Barium Karbonat ( $\text{BaCO}_3$ ) dengan komposisi 20%.
- 2) Campuran arang kayu sonokeling dan Barium karbonat ( $\text{BaCO}_3$ ) dimasukkan ke dalam gerabah.
- 3) Spesimen dimasukkan dalam gerabah dengan posisi di tengah bersama arang kayu sonokeling yang sudah dicampur ( $\text{BaCO}_3$ ).
- 4) Setelah itu dimasukan 60% arang kayu sonokeling yang sudah dicampur Barium Karbonat ( $\text{BaCO}_3$ ).
- 5) Semen tahan api digunakan untuk merekatkan tutup gerabah.

- 6) *Setting* dapur pemanas (*furnace*) dengan suhu 900°C dan waktu tahan 2 jam.
- 7) Setelah proses *pack carburizing* selesai gerabah dikeluarkan dari *furnace*.
- 8) Dilakukan pendinginan di udara bebas dengan waktu  $\pm 1$  hari.
- 9) Spesimen hasil *pack carburizing* dikeluarkan dari gerabah lalu di bersihkan dari debu setelah dingin dilakukan pengamplasan dengan nomor 100, 320, 600, 1000.8000. semakin besar amplas semakin halus.
- 10) Melakukan pengujian srtuktur mikro dan pengujian kekerasan data dari pengujian dijadikan hasil penelitian.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil Uji Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia dilakukan dengan mesin spektrum komposisi kimia *Optical Emission Spectrometer* dan memberikan hasil pembacaan secara otomatis kandungan komposisi kimia pada material dasar yang ditunjukkan tabel 1

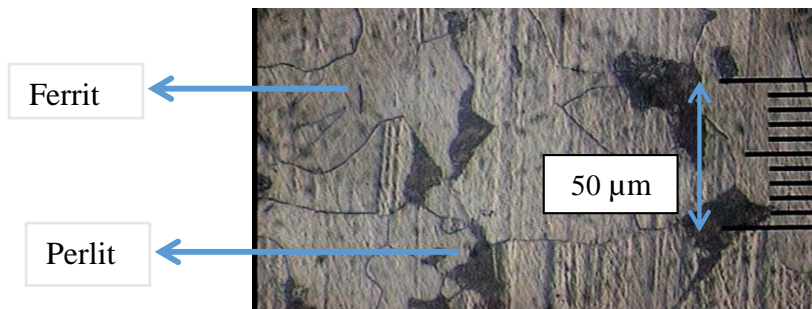
Tabel 1. Uji komposisi spesimen dasar

Unsur	Kandungan (%)
Fe	98,8
C	0,162
Si	0,0290
Mn	0,802
P	<0,0050
S	0,161
Cr	<0,0050
Mo	0,0050
Ni	<0,0050
Al	<0,0020
Co	0,0119
Cu	<0,0030
Nb	<0,0030
Ti	<0,0020
V	<0,0030
W	<0,0250
Pb	<0,0100
Ca	>0,0015
Zr	<0,0030

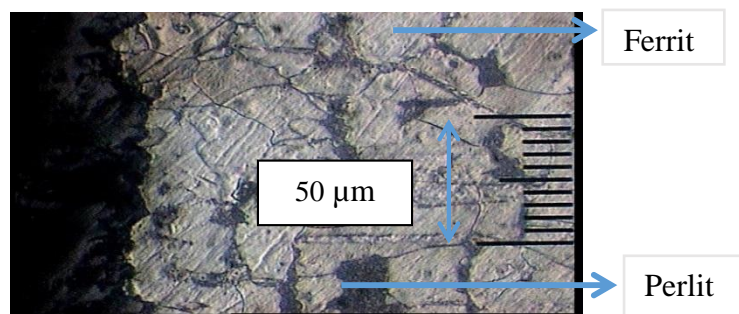
Dari hasil pengujian komposisi kimia *raw material* terlihat bahwa jumlah unsur yang banyak setelah Besi ( $\text{Fe} = 98,8\%$ ) adalah Mangan ( $\text{Mn} = 0,802\%$ ), sedangkan beberapa unsur lain terlihat seperti Si, Cu, Co terdapat pula didalamnya dengan prosentasi kecil dibawah prosentasi mangan. Jumlah unsur mangan (Mn) sebagai paduan khusus pada material tersebut untuk memperbaiki dan meningkatkan kekuatan. Sehingga *raw material* ini termasuk baja karbon rendah.

### 3.2 Hasil Uji Struktur Mikro

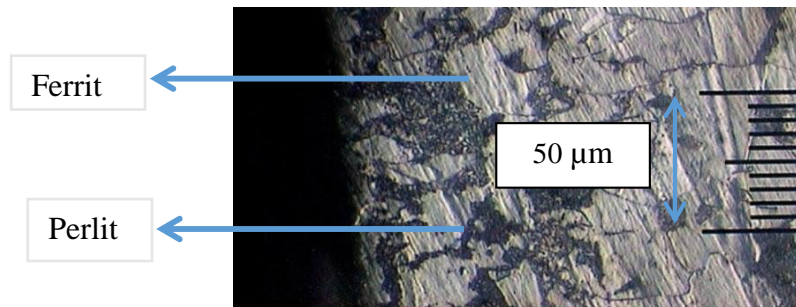
Dari pengujian struktur mikro dengan menggunakan *Olympus Metallurgical Microscopes* diperoleh gambar struktur mikro *raw material*, *normalizing* 2 jam arang kayu sonokeling berukuran 200 mesh dan hasil *shaker mill*.



Gambar 4. Struktur mikro material dasar baja karbon rendah (*raw material*) dengan pembesaran 200x



Gambar 5. Struktur mikro material dasar baja karbon rendah setelah mengalami proses *carburizing* dengan waktu 2 jam dengan arang berukuran 200 mesh(pembesaran 200x)



Gambar 6. Struktur mikro material dasar baja karbon rendah setelah mengalami proses *carburizing* dengan waktu 2 jam dengan arang hasil *shaker mill* (pembesaran 200x)

Nampak pada struktur mikro *raw material* lebih banyak kristal ferrit dibandingkan kristal perlit. Kristal ferrit yang mempunyai sifat lunak lebih banyak mendominasi struktur baja. Perlit yang mempunyai sifat lebih keras dibandingkan ferrit menempati posisi yang tidak teratur. Pada spesimen *pack carburizing* dengan waktu 2 jam yang membandingkan ukuran arang 200 mesh dengan arang hasil *shaker mill*, didapatkan hasil yang berbeda. Pada ukuran arang 200 mesh terdapat kristal ferrit lebih banyak dibandingkan dengan kristal perlit, sedangkan untuk hasil *shaker mill* memiliki kristal perlit yang lebih banyak daripada kristal ferrit. Hal tersebut terjadi karena ukuran partikel yang semakin kecil akan semakin mudah untuk *carburizing* baja tersebut.

### 3.3 Hasil Uji Kekerasan

Kekerasan permukaan material di uji dengan menggunakan metode *micro Vickers*. Hasil kekerasan pada *raw material*, hasil *shaker mill* dan 200 mesh dapat dilihat pada tabel 2

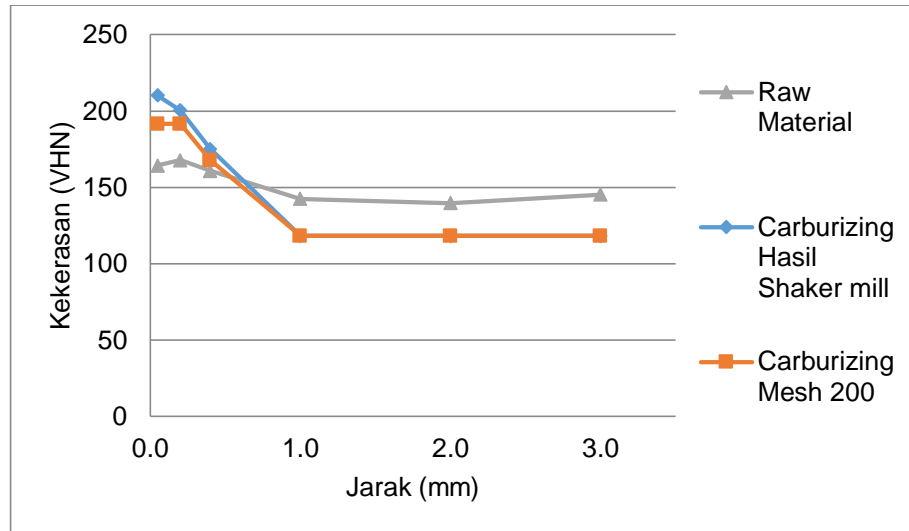
Tabel 2. Harga kekerasan seluruh spesimen

No	Jarak dari Tepi (mm)	Kekerasan <i>Vickers</i> (gf/mm <sup>2</sup> )		
		<i>Raw Material</i>	Hasil <i>Shaker mill</i>	200 mesh
1	0,1	164	210	192
2	0,2	168	201	192
3	0,4	161	175	168
4	1,0	143	118	118
5	2,0	140	118	118
6	3,0	145	118	118

Harga kekerasan *raw material*, terlihat adanya kenaikan dan penurunan pada setiap titik pengukuran. Hal ini dikarenakan faktor penyebab yang dapat mempengaruhi hasil diantaranya adalah pada saat pengujian titik-titik yang diambil tidak keseluruhan pada permukaan kristal ferrit.

Pada spesimen yang mengalami *pack carburizing* dengan arang berukuran 200 mesh kemudian pendinginan terus menerus di udara. Hasil pengujian material ini terlihat adanya penurunan harga kekerasan, kekerasan yang tinggi terjadi pada titik pertama dan kedua (192 VHN) kemudian berangsur-angsur turun hingga konstan pada titik 4-6 (118 VHN). Hal ini dikarenakan atom karbon yang masuk kedalam struktur baja hanya sampai beberapa *micron* saja (tepi material) sehingga semakin kedalam material harga kekerasannya semakin menurun.

Sedangkan harga kekerasan dengan arang hasil *shaker mill*, dapat dilihat titik pertama dengan kekerasan tinggi yaitu 210 VHN dan dapat dilihat adanya penurunan pada titik kedua 201 VHN dan menurun kembali pada titik ketiga dengan kekerasan 175 VHN kemudian konstan pada titik ke 4 hingga 6 dengan kekerasan 118 VHN.



Gambar 7. Grafik perbandingan hasil kekerasan

Pada gambar 7 terdapat adanya perbedaan dari hasil *pack carburizing* dengan arang berukuran 200 mesh dan hasil *shaker mill* dengan *raw material*. Harga kekerasan paling tinggi terjadi pada arang hasil *shaker mill* sebesar 210 VHN, pada arang berukuran 200 mesh dengan kekerasan tertinggi sebesar 192 VHN. Perbedaan ini disebabkan oleh masuknya atom karbon kedalam struktur baja. Atom karbon yang masuk dari tepi terluar ke bagian dalam akan diikuti oleh atom-atom karbon yang lain. Peristiwa tersebut berlangsung terus menerus selama proses *pack carburizing* sampai pada waktu dihentikan dan atom karbon terdepan akan berhenti. Kondisi ini akan berakibat lebih banyak atom karbon pada bagian tepi dari pada bagian dalam baja.

## 4. PENUTUP

### 4.1 Kesimpulan

- 1) Baja karbon rendah memiliki sifat fisis dan mekanis yaitu :
  - Spesimen termasuk pada golongan baja karbon rendah ( $<0,3\%C$ ) dengan kadar Karbon (C) sebesar 0,162%
  - Sebelum mengalami *carburizing* memiliki harga kekerasan sebesar 168 VHN. Setelah mengalami *carburizing* dengan ukuran arang 200 mesh memiliki harga kekerasan sebesar 192 VHN. Setelah mengalami *carburizing*

dengan ukuran arang hasil *shaker mill* memiliki harga kekerasan sebesar 210 VHN.

- 2) Baja karbon rendah setelah mengalami *carburizing* dengan arang hasil *shaker mill* mengalami peningkatan kekerasan sebesar 2,07%. Dengan demikian ukuran arang pada proses *carburizing* mempengaruhi kekerasan material.

#### 4.2 Saran

Dari penelitian ini diperoleh hasil *carburizing* baja karbon rendah yang belum sesuai dengan harapan yaitu distribusi karbon dari arang kayu sonokeling belum menyeluruh dikarenakan jumlah Barium Karbonat dan waktu penahanan yang kurang. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya perlu dilakukan analisis lebih lanjut untuk dapat menghasilkan proses *pack carburizing* yang lebih baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Amstead, B.H., Ostwald, P.F., dan Begeman, M.L., 1995, *Teknologi Mekanik*, Jilid 1, Edisi Ketujuh, terj. Djaprie S., Erlangga, Jakarta.
- Bahtiar dkk. 2017. Analisis Kekerasan dan Struktur Mikro pada Baja Komersial yang Mendapatkan Proses *Pack Carburizing* dengan Arang Cangkang Kelapa Sawit.
- Budinski, K.G., Michael K. Budinski, 1999, *Engineering Metallurgy for Engineers*, California: Litton Educational Publishing, Inc.
- Fitri dkk, 2013, Komposisi kimia, Sruktur Mikro, *Holding Time* dan Sifat Ketangguhan Baja karbon Medium pada Suhu 780°C, Bandar Lampung.
- Iqbal, M., 2008, Pengaruh Temperatur terhadap Sifat Mekanis pada Proses Pengkarbonan Padat Baja Karbon Rendah, Jurnal SMARTek, Vol.6 No.2.
- Niemann, G., 1994, *Elemen Mesin*, Jilid 1, Edisi ke-2, PT. Erlangga, Jakarta.
- Nugroho, A., 2008, Pengaruh *Carburizing* Arang kayu jati dan Arang Cangkang kelapa dengan *Austempering* pada *Mild Steel* (baja lunak) produk pengecoran terhadap sifat fisis dan mekanis, Tugas Akhir S-1, teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Rianggoro, D., 2008, Pengaruh *Carburizing* pada *Mild Steel* (Baja Lunak) Produk Pengecoran Menggunakan Arang Kayu Jati dengan Waktu Tahan 3 Jam,

4 Jam, dan 7 Jam dengan Austempering Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis”, Tugas Akhir S-1, Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.

Setyono Y, 2012, Sifat fisis dan mekanis baja *carburizing* arang kayu sengon, Tugas Akhir, Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.

Vlack, L. H. V., 1992, *Ilmu dan Teknologi Bahan*, Edisi Kelima, terj. Djaprie S., Erlangga, Jakarta.

Widiyono, E., 2002, Penerapan Teknologi Tepat Guna Pelaratan dan Proses *Pack Carburizing* Untuk Peningkatan Kualitas Produk Alat-alat Pertanian, Tugas Akhir S-1, Teknik Mesin Institut Teknologi Surabaya, Surabaya.